

Lösungsvorschläge für die Aufgaben auf dem Arbeitsblatt
„Rechnen mit molaren Größen“

1. $N(X)$, $n(X)$ und N_A

- a) Für eine chemische Reaktion werden 0,735mol Alkohol (Ethanol) benötigt. Berechne die Anzahl der Ethanol-Teilchen in dieser Stoffportion!

gesucht: $N(\text{Ethanol})$

gegeben: $n(\text{Ethanol})$, N_A

Formel(n): $N(X) = n(X) \cdot N_A$

Einsetzen ergibt:

$$N(\text{Ethanol}) = n(\text{Ethanol}) \cdot N_A$$

$$N(\text{Ethanol}) = 0,735 \text{ mol} \cdot 6,022 \times 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$$

$$N(\text{Ethanol}) = \underline{\underline{4,426 \times 10^{23}}}$$

Antwortsatz: Die Stoffportion enthält $4,426 \times 10^{23}$ Teilchen.

- b) Berechne die Stoffmenge von 1 Mio. Eisenteilchen!

gesucht: $n(\text{Eisen})$

gegeben: $N(\text{Eisen})$, N_A

Formel(n): $N(X) = n(X) \cdot N_A \Leftrightarrow n(X) = \frac{N(X)}{N_A}$

Einsetzen ergibt:

$$n(\text{Eisen}) = \frac{N(\text{Eisen})}{N_A}$$

$$n(\text{Eisen}) = \frac{1000000}{6,022 \times 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}}$$

$$n(\text{Eisen}) = \underline{\underline{1,66 \times 10^{-18} \text{ mol}}}$$

Antwortsatz: Die Stoffmenge beträgt $1,66 \times 10^{-18}$ mol.

2. $M(X)$, $m(X)$

a) Berechne die Masse von 1mol Gold-Atomen!

gesucht: $m(\text{Au})$

gegeben: $n(\text{Au})$, $M(\text{Au})$

$$\text{Formel(n): } M(X) = \frac{m(X)}{n(X)} \Leftrightarrow m(X) = M(X) \cdot n(X)$$

Einsetzen ergibt:

$$m(\text{Au}) = M(\text{Au}) \cdot n(\text{Au}) \Leftrightarrow$$

$$m(\text{Au}) = 196,97 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 1\text{mol} \Leftrightarrow$$

$$m(\text{Au}) = \underline{\underline{196,97\text{g}}}$$

Antwortsatz: 1 Mol Gold-Atome wiegen 196,97g.

b) Diamanten bestehen aus reinem Kohlenstoff. Ein Diamant von 1 Karat wiegt exakt 0,2g. Berechne die Stoffmenge der enthaltenen Kohlenstoffatome!

gesucht: $n(\text{C})$

gegeben: $m(\text{C})$, $M(\text{C})$

$$\text{Formel(n): } M(X) = \frac{m(X)}{n(X)} \Leftrightarrow n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$

Einsetzen ergibt:

$$n(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})}$$

$$n(\text{C}) = \frac{0,2\text{g}}{12,011 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$n(\text{C}) = \underline{\underline{0,017\text{mol}}}$$

Antwortsatz: 1 Karat Diamant enthält 0,017mol Kohlenstoffatome.

c) 1mol Wasser wiegt exakt 18,0g. Berechne daraus die molare Masse von Wassermolekülen!

gesucht: $M(\text{H}_2\text{O})$ [eigentlich kann man die molare Masse von Wasser auch aus dem PSE ableiten]

gegeben: $m(\text{H}_2\text{O})$, $n(\text{H}_2\text{O})$

$$\text{Formel(n): } M(X) = \frac{m(X)}{n(X)}$$

Einsetzen ergibt:

$$M(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{H}_2\text{O})}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = \frac{18,0\text{g}}{1\text{mol}}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = \underline{\underline{18,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}$$

Antwortsatz: Die molare Masse von Wasser beträgt 18,0 g/mol.

Etwas schwierigere Aufgaben mit molaren Größen

1. Für eine chemische Reaktion werden 0,735mol eines bestimmten Stoffes benötigt. Wie viele Teilchen enthält diese Stoffportion?

gesucht: $N(X)$

gegeben: $n(X)$, N_A

Formel(n): $N(X) = n(X) \cdot N_A$

Einsetzen ergibt:

$$N(X) = 0,735 \text{ mol} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} \Leftrightarrow$$

$$N(X) = \underline{\underline{4,426 \cdot 10^{23}}}$$

Antwortsatz: Eine Stoffmenge von 0,735mol enthält $4,426 \cdot 10^{23}$ Teilchen.

2. Berechne die molare Masse von folgenden Stoffen:

Methan (CH_4)

$$M(\text{CH}_4) = M(\text{C}) + 4 \cdot M(\text{H}) = 12,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 4,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{\underline{16,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}$$

Kalk (CaCO_3)

$$M(\text{CaCO}_3) = M(\text{Ca}) + M(\text{C}) + 3 \cdot M(\text{O}) = 40,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 12,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 48,0 = \underline{\underline{100,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}$$

Natronlauge (NaOH)

$$M(\text{NaOH}) = M(\text{Na}) + M(\text{O}) + M(\text{H}) = 23,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 16,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 1,0 = \underline{\underline{40,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}$$

Kohlenstoffdioxid (CO_2)

$$M(\text{CO}_2) = M(\text{C}) + 2 \cdot M(\text{O}) = 12,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 32,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{\underline{44,0 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}}$$

3. Welche Stoffmenge an Schwefel-Atomen ist in 100g Natriumsulfat (Na_2SO_4) gebunden?

gesucht: $n(\text{S})$

gegeben: $m(\text{Na}_2\text{SO}_4)$

$$\text{Formel(n): } n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$

Um $n(\text{S})$ auszurechnen, fehlen wichtige Werte. Über den Aufbau des Moleküls / der Verhältnisformel lässt sich aber ein Zusammenhang zwischen verschiedenen beteiligten Teilchen herstellen!

EIN Na_2SO_4 -Teilchen enthält EIN S-Teilchen. Das bedeutet: In einer Stoffportion ist die Stoffmenge an Schwefelteilchen genauso groß wie die Stoffmenge an Na_2SO_4 -Teilchen:

$$n(\text{S}) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) \quad (\text{Gl. 1})$$

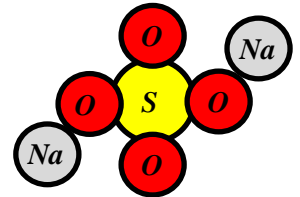
Man kann zunächst $n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$ ausrechnen und dann über (Gl. 1) $n(\text{S})$ bestimmen. $n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$ berechnet man mit der Grundformel:

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = \frac{100\text{g}}{142,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,704\text{mol}$$

Das erhaltene Ergebnis setzt man in (Gl. 1) ein:

$$n(\text{S}) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \underline{\underline{0,704\text{mol}}}$$

Antwortsatz: In 100g Na_2SO_4 sind 0,704mol Schwefel-Atome enthalten.



Vereinfachte Darstellung!

Na_2SO_4 ist ein Salz, das eigentlich aus zwei positiv geladenen Na^+ -Ionen und einem zweifach negativ geladenen SO_4^{2-} -Ion besteht!

4. Welche Stoffmenge an Sauerstoff-Atomen ist in 100g Natriumsulfat (Na_2SO_4) gebunden?

gesucht: $n(\text{O})$

gegeben: $m(\text{Na}_2\text{SO}_4)$

$$\text{Formel(n): } n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$

Um $n(\text{O})$ auszurechnen, fehlen wichtige Werte. Über den Aufbau des Moleküls / der Verhältnisformel lässt sich aber ein Zusammenhang zwischen verschiedenen beteiligten Teilchen herstellen!

EIN Na_2SO_4 -Teilchen enthält VIER O-Teilchen. Das bedeutet: In einer Stoffportion ist die Stoffmenge an Sauerstoffteilchen viermal so groß wie die Stoffmenge an Na_2SO_4 -Teilchen:

$$n(\text{O}) = 4 \cdot n(\text{Na}_2\text{SO}_4) \quad (\text{Gl. 1})$$

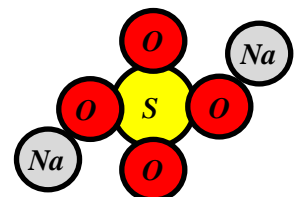
Man kann zunächst $n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$ ausrechnen und dann über (Gl. 1) $n(\text{O})$ bestimmen. $n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$ berechnet man mit der Grundformel:

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = \frac{100\text{g}}{142,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,704\text{mol}$$

Das erhaltene Ergebnis setzt man in (Gl. 1) ein:

$$n(\text{O}) = 4 \cdot n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 4 \cdot 0,704\text{mol} = \underline{\underline{2,816\text{mol}}}$$

Antwortsatz: In 100g Na_2SO_4 sind 2,816mol Sauerstoff-Atome enthalten.



Vereinfachte Darstellung!

Na_2SO_4 ist ein Salz, das eigentlich aus zwei positiv geladenen Na^+ -Ionen und einem zweifach negativ geladenen SO_4^{2-} -Ion besteht!

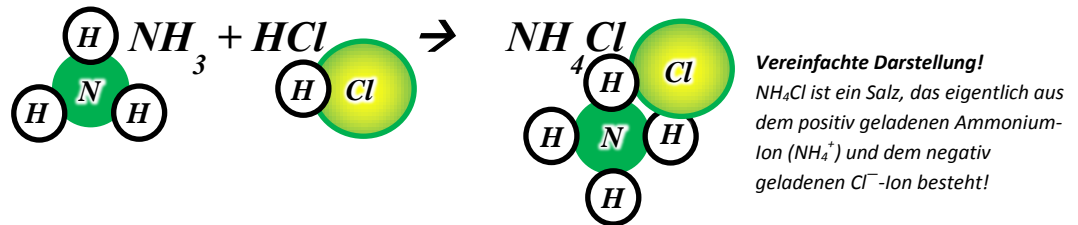
5. **HCl**-Gas reagiert mit **NH₃**-Gas nach folgender Gleichung: $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$. Es stehen exakt 0,5mol **NH₃** zur Verfügung. Welche Stoffmenge an **HCl** benötigt man, damit das gesamte **NH₃**-Gas reagiert?

gesucht: $n(\text{HCl})$

gegeben: $n(\text{NH}_3)$

Formel(n): - *hier nicht nötig* -

Um $n(\text{HCl})$ zu berechnen, fehlen wichtige Werte. Über die chemische Gleichung können aber Zusammenhänge zwischen den Stoffmengen beteiligter Stoffe hergestellt werden:



EIN **NH₃-Teilchen** reagiert mit genau EINEM **HCl-Teilchen**. Das bedeutet, die Anzahl der benötigten **HCl**-Teilchen ist genauso groß wie die Anzahl der **NH₃**-Teilchen (oder anders ausgedrückt: die Stoffmenge der benötigten **HCl**-Teilchen ist genauso groß wie die Stoffmenge der benötigten **NH₃**-Teilchen):

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NH}_3)$$

Antwortsatz: Man benötigt exakt 0,5mol **HCl**, um mit 0,5mol **NH₃** vollständig zu **NH₄Cl** zu reagieren.

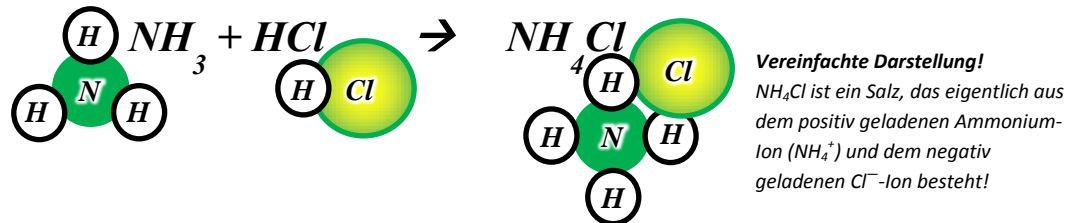
6. Welche Masse an NH_4Cl entsteht in Aufgabe 5?

gesucht: $m(NH_4Cl)$

gegeben: $n(NH_3)$

$$\text{Formel(n): } n(X) = \frac{m(X)}{M(X)} \Leftrightarrow m(X) = n(X) \cdot M(X)$$

Um $m(NH_4Cl)$ zu berechnen, fehlen wichtige Werte. Über die chemische Gleichung können aber Zusammenhänge zwischen den Stoffmengen beteiligter Stoffe hergestellt werden:



EIN NH_3 -Teilchen reagiert (mit einem HCl -Teilchen) zu genau EINEM NH_4Cl -Teilchen. Das bedeutet, die Anzahl der entstehenden NH_4Cl -Teilchen ist genauso groß wie die Anzahl der eingesetzten NH_3 -Teilchen (oder anders ausgedrückt: die Stoffmenge der entstehenden NH_4Cl -Teilchen ist genauso groß wie die Stoffmenge der eingesetzten NH_3 -Teilchen):

$$n(NH_4Cl) = n(NH_3) \quad (\text{Gl. 1})$$

Die Gleichung zur Berechnung der Masse von NH_4Cl kann damit gelöst werden:

$$m(NH_4Cl) = n(NH_4Cl) \cdot M(NH_4Cl) \quad (\text{Gl. 2})$$

Man ersetzt die fehlende Variable $[n(NH_4Cl)]$ durch Einsetzen von (Gl. 1):

$$m(NH_4Cl) = n(NH_3) \cdot M(NH_4Cl)$$

$$m(NH_4Cl) = 0,5 \text{ mol} \cdot 53,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{\underline{26,7 \text{ g}}}$$

Antwortsatz: Bei der Reaktion von 0,5mol HCl , mit 0,5mol NH_3 entstehen 26,7g NH_4Cl .

7. Die Analyse von Ammoniak ergibt ein Massenverhältnis von Stickstoff : Wasserstoff = 4,66 : 1. Berechne mit Hilfe der Atommassen das Atomzahlenverhältnis im Ammoniak und gib die chemische Formel an!

Zur Erklärung der Aufgabenstellung: Manchmal weiß man zwar, aus welchen Elementen eine Verbindung aufgebaut ist, aber nicht, wie viele Atome vom einen und wie viele vom anderen Atom enthalten sind. Bei Ammoniak könnte die chemische Formel daher lauten NH, NH₂, NH₃, NH₄ usw. (Natürlich wisst ihr schon, dass die chemische Formel von Ammoniak NH₃ lautet)

umständliche Variante

gesucht: Es ist ein VERHÄLTNIS gesucht. Das beschreibt man am besten als Bruch: $\frac{N(N)}{N(H)} = ?$

gegeben: Gegeben ist hier ein Massenverhältnis: $\frac{m(N)}{m(H)} = \frac{4,66}{1}$

Formel(n): $N(X) = n(X) \cdot N_A$ (Gl. 1) $n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$ (Gl. 2)

Das Atomzahlenverhältnis entspricht dem Stoffmengenverhältnis, weil aufgrund von (Gl. 1) gilt:

$$\frac{N(N)}{N(H)} = \frac{n(N) \cdot \cancel{N_A}}{n(H) \cdot \cancel{N_A}} = \frac{n(N)}{n(H)}$$

Durch zweimaliges Einsetzen der (Gl. 2) für n(N) und n(H) ergibt sich folgender Bruch:

$$\frac{N(N)}{N(H)} = \frac{n(N)}{n(H)} = \frac{\frac{m(N)}{M(N)}}{\frac{m(H)}{M(H)}} = \frac{\frac{m(N)}{M(N)}}{\frac{m(H)}{M(H)}} = \frac{14,007 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{1,008 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{0,328}{0,992} \approx \frac{1}{3}$$

Das Ergebnis hat keine Benennung. Es handelt sich nur um ein Verhältnis: In einem Ammoniakmolekül beträgt das Verhältnis von Stickstoff-Atomen zu Wasserstoffatomen 1 : 3.

Antwortsatz: Ammoniak besteht aus einem N- und drei H-Atomen. Hat also die chemische Formel NH₃.

einfachere Variante

gesucht: Es ist ein VERHÄLTNIS gesucht. Das beschreibt man am besten als Bruch.

gegeben: Gegeben ist hier ein Massenverhältnis: $\frac{m(N)}{m(H)} = \frac{4,66}{1}$

Die Gesamtmasse von N bzw. H im Molekül berechnet sich aus der Masse eines einzelnen Atoms multipliziert mit der Anzahl dieser Atome. Man könnte also formulieren:

$$\frac{4,66}{1} = \frac{m(N)}{m(H)} = \frac{m_a(N) \cdot X}{m_a(H) \cdot Y} \quad \text{wobei X die Anzahl der N-Atome und Y die Anzahl der H-Atome im Molekül sein soll.}$$

Einsetzen ergibt:

$$\frac{4,66}{1} = \frac{m_a(N) \cdot X}{m_a(H) \cdot Y} \Leftrightarrow \frac{4,66}{1} = \frac{14,007u \cdot X}{1,008u \cdot Y} \quad \text{nach } \frac{X}{Y} \text{ auflösen: } \frac{X}{Y} = \frac{4,66 \cdot 1,008u}{1 \cdot 14,007u} \approx \frac{1}{3}$$

Das Ergebnis hat keine Benennung. Es handelt sich nur um ein Verhältnis: In einem Ammoniakmolekül beträgt das Verhältnis von Stickstoff-Atomen zu Wasserstoffatomen 1 : 3.

Antwortsatz: Ammoniak besteht aus einem N- und drei H-Atomen. Hat also die chemische Formel NH₃.

8. Schwefeldioxid (SO₂) ergibt bei der Analyse ein Massenverhältnis von S : O = 1 : 1. Wenn die Atommasse von Sauerstoff m_A(O)=16 u bekannt ist, wie groß muss dann die m_A(S) sein?

gesucht: m_a(S)

gegeben: Gegeben ist hier das Massenverhältnis: $\frac{m(O)}{m(S)} = \frac{1}{1}$

und das Verhältnis der Anzahl der Atome im Molekül: $\frac{N(S)}{N(O)} = \frac{1}{2}$ (hier aber nicht nötig)

Die nötige Formel kann man sich selbst zusammen basteln (wie bei Aufgabe 7, einfachere Variante): Die Gesamtmasse von O und S setzt sich zusammen aus der Atommasse (m_a) von O und S, multipliziert mit der Anzahl der Atome im Molekül:

$$\frac{m(O)}{m(S)} = \frac{m_a(O) \cdot 2}{m_a(S) \cdot 1}$$

Einsetzen ergibt:

$$\frac{1}{1} = \frac{16u \cdot 2}{m_a(S) \cdot 1} \Leftrightarrow m_a(S) = 16u \cdot 2 = \underline{\underline{32u}}$$

Antwortsatz: Die atomare Masse von Schwefel beträgt 32u.

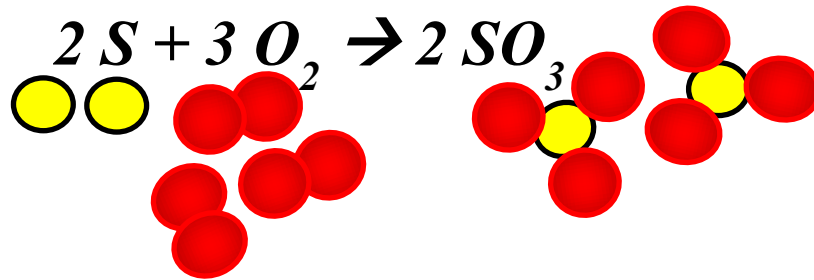
9. Für eine chemische Reaktion werden exakt 0,773mol Schwefeltrioxid (SO₃) benötigt. Dieses steht aber im Labor momentan nicht zur Verfügung und muss daher aus den Elementen hergestellt werden. Welche Massen der Elemente müssen dazu verwendet werden.

gesucht: m(O₂), m(S)

gegeben: n(SO₃), M(X)

Formel(n): $m(X) = n(X) \cdot M(X)$

Um m(O₂) oder m(S) auszurechnen, fehlen wichtige Werte. Über die chemische Gleichung lässt sich aber ein Zusammenhang zwischen den Stoffmengen der verschiedenen beteiligten Teilchen herstellen!



Zusammenhang von n(SO₃) und n(S):

Aus ZWEI S-Teilchen entstehen ZWEI SO₃-Teilchen, das heißt:

$$\frac{n(S)}{n(SO_3)} = \frac{2}{2} = \frac{1}{1} \Leftrightarrow n(S) = n(SO_3) \quad (\text{Gl. 1})$$

Zusammenhang von n(SO₃) und n(O₂):

Aus DREI O-Teilchen entstehen ZWEI SO₃-Teilchen, das heißt:

$$\frac{n(O)}{n(SO_3)} = \frac{3}{2} \Leftrightarrow n(O) = n(SO_3) \cdot \frac{3}{2} \quad (\text{Gl. 2})$$

Jetzt kann die Grundgleichung herangezogen werden, in der dann die fehlenden Variablen ersetzt werden können:

Berechnung von m(S):

$m(S) = n(S) \cdot M(S)$ Einsetzen von (Gl. 1) für n(S) ergibt:

$$m(S) = n(SO_3) \cdot M(S) \Leftrightarrow m(S) = 0,773 \text{ mol} \cdot 32,065 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{\underline{24,786 \text{ g}}}$$

Berechnung von m(O₂):

$m(O_2) = n(O_2) \cdot M(O_2)$ Einsetzen von (Gl. 2) für n(O₂) ergibt:

$$m(O_2) = \frac{3}{2} n(SO_3) \cdot M(O_2) \Leftrightarrow m(O_2) = \frac{3}{2} \cdot 0,773 \text{ mol} \cdot 31,998 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \underline{\underline{37,102 \text{ g}}}$$

Antwortsatz: Man benötigt 24,786g Schwefel und 37,102g Sauerstoff um 0,773mol Schwefeltrioxid herzustellen.